

## ANALISA LAJU KOROSI PADA PUMP IMPELLER DI INDUSTRI PERTAMBANGAN BATU BARA

**PUGUH OGI NUR RACHMAN**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

E-mail: npuguhogi93@gmail.com

**Abstrak** -- Korosi merupakan kerusakan material logam yang disebabkan reaksi antara logam dengan lingkungannya yang menghasilkan oksida logam dan sulfida logam atau hasil reaksi lainnya yang lebih dikenal sebagai pengkaratan. Stainless steel merupakan jenis baja yang tahan terhadap korosi karena memiliki unsur paduan minimal 18% chrom (Cr) dan 8% nikel (Ni). Penelitian ini menggunakan tahanan polarisasi dengan menggunakan software 342 Sotcorr Corrosion Meansurement software yang dilengkapi dengan Potensiostat/Galvanostat 273, lalu dilakukan uji foto optik dengan pembesaran 50 kali, untuk mengetahui permukaan spesimen dengan perbesaran struktur pada stainless steel 304 tersebut. Objek penelitian menggunakan stainless steel 304 dengan ukuran spesimen 10 mm sebanyak 3 kali pengujian. Stainless steel AISI 304 mempunyai nilai masa jenis 7,94 gr/cm<sup>2</sup> dan berat ekuivalen 25,12 gr. Hasil dari metode tahanan polarisasi pada sample pertama didapatkan potensial korosi -336,54 mV dan laju korosi 0,0201 mpy, pada sample kedua potensial korosi -359,25 mV dan laju korosi 0,0266 mpy, selanjutnya pada sample terakhir didapatkan potensial korosi -353 mV dan laju korosi 0,0221 mpy.

**Kata Kunci:** Pump Impeller, Stainless Steel, Limbah Batu Bara, Korosi, Laju Korosi.

**Abstract** -- Corrosion is a metal material damage caused by the reaction between the metal and its environment that generates metal oxide and metal sulfide or other reaction products are more commonly known as rusting. Stainless steel is a type of steel that is resistant to corrosion because it has at least 18% alloying elements chromium (Cr) and 8% nickel (Ni). This study uses a polarization resistance using 342 software Sotcorr Corrosion Meansurement software that comes with a potentiostat / Galvanostat 273, then test optical photograph with magnification of 50 times, to know the surface of the specimen with a magnification of structures on the 304 stainless steel. The object of research using 304 stainless steel with a size of 10 mm specimen 3 times testing. Stainless steel AISI 304 has a value of density of 7.94 g / cm<sup>2</sup> and the equivalent weight of 25.12 grams. Results of polarization resistance method in the first sample obtained -336.54 mV corrosion potential and corrosion rate of 0.0201 mpy, the second sample -359.25 mV corrosion potential and corrosion rate of 0.0266 mpy, then the final sample obtained corrosion potential - 353 mV and the corrosion rate of 0.0221 mpy.

**Keywords:** Pump Impeller, Stainless Steel, Waste Coal, Corrosion, Corrosion rate

### 1. PENDAHULUAN

Pompa mempunyai fungsi pada operasi penambangan dan penggalian menangani berbagai cairan, banyak di antaranya mengandung zat padat atau asam pekat bahkan keduanya. Aplikasi pada penambangan batu bara mencakup pengembunan air, umpan penyaringan, penanganan medium berat, perpindahan endapan lumpur, pengaliran lumpur, pemompaan minyak, umpan pengentalan, kemudian pengaliran pengentalan, pembuangan sampah dan pembilasan batu bara. Sebagian besar pompa dalam pelayanan ini kerap menggunakan pompa sentrifugal dan pompa bolak balik.

Pompa sentrifugal sering disebut pompa tambang, karena unit-unitnya dilengkapi dengan selubung besar, yang memberikan kemudahan karat yang luas. Oleh karena itu, perlengkapan tambahan dibuat agar dapat mencegah karat. Keunggulan dari pompa sentrifugal adalah

mudahnya penggantian pada bagian-bagian yang telah aus.

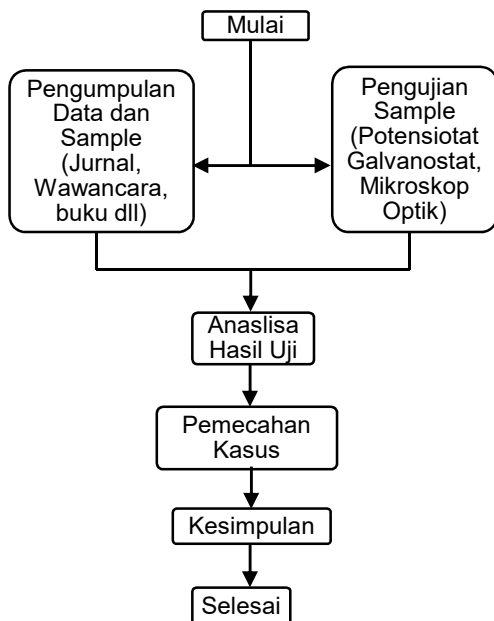
Pada penambangan batu bara, bagian yang cepat terkorosi adalah impeller, yang berfungsi mengubah tenaga mesin menjadi tenaga kinetik. Pada proses produksi batu bara pompa ini berfungsi memompakan *slurry* dari *slurry pool* ke mesin press untuk di pisahkan dengan air dan juga sebagai pembilasan pada batu bara.

Korosi pada pompa impeller merupakan proses kerusakan material karena pengaruh lingkungan yang korosif. Korosi tidak dapat di cegah keberadaannya, akan tetapi korosi dapat dikendalikan keberadaannya sehingga kita dapat menunda terjadinya korosi yang membuat material pompa impeller jadi tahan lebih lama terhadap korosi. Pada penelitian sebelumnya mengenai pengukuran laju korosi pada *stainless steel* AISI 304, dengan media larutan nira aren oleh Rizki Ornelasari (2015), dengan temperature 27 °C dengan waktu 7 hari didapatkan laju korosi 13,938 mpy.

## 2. METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi pada *pump impeller* pada limbah pertambangan batu bara.

### 2.1 Diagram Alir



Gambar 2.1 Diagram allir

Diagram alir adalah diagram yang menggambarkan bagaimana proses pengujian mulai dari awal hingga akhir.

### 2.2 Bahan Dan Alat Penelitian

Dalam pengujian ini bahan yang digunakan sebanyak tiga sampel menggunakan material *stainless steel* AISI 304.



Gambar 2.1 Foto Sampel 01



Gambar 2.2 Foto Sampel 02



Gambar 2.3 Foto Sampel 03

Alat penelitian yang digunakan sesuai kebutuhan adalah *Software 342 Sotcorr Corrosion Meansurement software* yang dilengkapi dengan alat ukur laju korosi *Potensiotat / Galvanostat* 273 dan Mikroskop Optik.

#### 2.2.1 *Potensiotat / Galvanostat* 273



Gambar 2.4 Alat ukur laju korosi *Potensiotat/ Galvanostat* 273

Pembuktian dari hasil alat ini dapat menggunakan rumus:

$$\text{laju korosi (Corr Rate)(mpy)} = 0,13 i \text{ corr} \frac{(EW)}{A.D}$$

dimana:

$I_{\text{corr}}$  = Arus korosi (mA)

EW = Berat ekuivalen (g)

A = Luas permukaan sample (cm<sup>2</sup>)

D = Densitas massa (g/cm<sup>3</sup>)

mpy = Mili-inchi per tahun (*mils per year*)

#### 2.2.2 Mikroskop Optik

Mikroskop optik digunakan untuk melakukan pengamatan permukaan pada permukaan *stainless steel* AISI 304 sebelum maupun sesudah pengujian.



Gambar 2.5 Mikroskop optik

Dari uraian metode penelitian diatas, untuk mencapai hasil yang optimal maka alur penelitian harus sesuai dengan urutannya.

### 3. ANALISA

Pengujian terhadap impeller dengan material *stainless steel* AISI 304 dengan media limbah pertambangan batu bara di BATAN Puspitek adalah untuk mengetahui perilaku korosi dan laju korosi. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *Software 342 Sotcorr Corrosion Measurement software* yang dilengkapi dengan Potensiostat/Galvanostat 273. Dari pengujian yang dilakukan akan diperoleh kurva tafel dari setiap sampel uji.

Kurva tafel yang didapat dari hasil penelitian menggunakan potensiostat dengan software 342 *Sotcorr Corrosion Measurement software* akan di analisa nilai potensial korosi, arus korosi dan laju korosi sehingga dapat diketahui sejauh mana material baja tahan karat AISI 304 bertahan dalam lingkungan pertambangan batu bara.

#### 3.1 Pengujian Laju Korosi Polarisasi Resistance

Laju korosi terhadap impeller dengan material baja tahan karat AISI 304 di lingkungan limbah pertambangan batu bara menggunakan standar ASTM 102 yang merupakan standar pengujian laju korosi untuk material *stainless steel* AISI 304 tanpa inhibitor, terdapat nilai massa jenis (*density*) dan berat ekuivalen (*weight equivalent*).

Tabel 3.1. *Equivalent Weight Values for a Variety of Metals and Alloys*

| SUS AISI | EW (gr) | Density (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|----------|---------|-------------------------------|
| 304      | 25,12   | 7,94                          |
| 309      | 24,62   | 7,98                          |
| 310      | 24,44   | 7,98                          |
| 316      | 25,5    | 7,98                          |
| 317      | 25,26   | 7,98                          |
| 321      | 25,13   | 7,94                          |
| 410      | 25,94   | 7,7                           |
| 430      | 25,3    | 7,72                          |
| 446      | 24,22   | 7,65                          |

Dari tabel 3.1 *equivalent weight values for a variety of metals and alloys*, diketahui bahwa material baja tahan karat AISI 304 yang di uji memiliki nilai berat ekuivalen 25.12 gr dan memiliki nilai densitas masa 7.94 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabel 3.2. Data hasil pengujian pada sampel 01

| RUN PARAMETERS  |                 |
|---|-----------------|
| TECHNIQUE   | POLN RESISTANCE |
| ORIGINAL NAME   | PG-01           |
| INITIAL E (MV)  | -20 VS E        |
| FINAL E (MV)  | 20 VS E         |
| SCAN RATE (MV/S)  | .2              |
| CONDITION E (MV)  | PASS            |
| CONDITION T (S)   | PASS            |
| INIT DELAY (MV/S OR S)  | PASS            |
| SAMPLE PARAMETERS   |                 |
| AREA (CM <sup>2</sup> )   | 1               |
| EQ WT (GM)  | 25.12           |
| DENSITY (GM/CM <sup>3</sup> )   | 7.94            |
| CATHODIC TAFEL (MV)   | PASS            |
| ANODIC TAFEL (MV)   | PASS            |
| DATA SCALE  |                 |
| ECORR   | -338            |
| RV/PT   | .25             |
| DATA MAX  | .098            |
| DATA MIN  | -.139           |
| ABS MIN   | 0               |
| ABS MAX   | .139            |
| RESULTS   |                 |
| E (I=0) (MV)  | -336.54         |
| CATHODIC TAFEL (MV)   | 51.42           |
| ANODIC TAFEL (MV)   | 36.59           |
| I-CORR (UA/CM <sup>2</sup> )  | .05             |
| CORR RATE (MPY)   | .0201           |
| E (I=0) (MV)  |                 |
| POL RES. (K-OHMS CM <sup>2</sup> )  |                 |
| I-CORR (UA/CM <sup>2</sup> )  |                 |
| CORR RATE (MPY)   |                 |
| LEGEND  |                 |
| SS 304<br>MEDIA LARUTAN LIMBAH BATUBARA<br>PUSUK OGI - UMB<br>NOPEMBER 2015 |                 |

Dengan pembuktian perhitungan dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 \text{laju korosi (Corr Rate)(mpy)} &= 0,13 \cdot i_{\text{corr}} \frac{(EW)}{A \cdot D} \\
 \text{laju korosi (Corr Rate)(mpy)} &= 0,13 \cdot 0,05 \frac{(25,12)}{0,785 \cdot 7,94} \\
 \text{laju korosi (Corr Rate)(mpy)} &= 0,0261 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.3 Data hasil pengujian pada sampel 02

| RUN PARAMETERS                |                 |  |
|-------------------------------|-----------------|--|
| TECHNIQUE                     | POLN RESISTANCE |  |
| ORIGINAL NAME                 | PG-02           |  |
| INITIAL E(MV)                 | -20 VS E        |  |
| FINAL E(MV)                   | 20 VS E         |  |
| SCAN RATE(MV/S)               | .2              |  |
| CONDITION E(MV)               | PASS            |  |
| CONDITION T(S)                | PASS            |  |
| INIT DELAY(MV/S OR S)         | PASS            |  |
| SAMPLE PARAMETERS             |                 |  |
| AREA(CMS^2)                   | 1               |  |
| EQ WT(GM)                     | 25.12           |  |
| DENSITY(GM/CM^3)              | 7.94            |  |
| CATHODIC TAFEL(MV)            | PASS            |  |
| ANODIC TAFEL(MV)              | PASS            |  |
| DATA SCALE                    |                 |  |
| ECORR                         | -351            |  |
| MV/PT                         | .25             |  |
| DATA MAX                      | -181            |  |
| DATA MIN                      | -0.062          |  |
| ABS MIN                       | .002            |  |
| ABS MAX                       | .181            |  |
| RESULTS                       |                 |  |
| E(I=0)(MV)                    | -359.25         |  |
| CATHODIC TAFEL(MV)            | 10.7            |  |
| ANODIC TAFEL(MV)              | 23.49           |  |
| I-CORR(UA/CM^2)               | .06             |  |
| CORR RATE(MPY)                | .0266           |  |
| E(I=0)(MV)                    |                 |  |
| POL RES.(K-OHMS CM^2)         |                 |  |
| I-CORR(UA/CM^2)               |                 |  |
| CORR RATE(MPY)                |                 |  |
| LEGEND                        |                 |  |
| SS 304                        |                 |  |
| MEDIA LARUTAN LIMBAH BATUBARA |                 |  |
| PUGUH OGI - UMB               |                 |  |
| NOPEMBER 2015                 |                 |  |
| SAMPUL NO 2                   |                 |  |

Dengan pembuktian perhitungan dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{laju korosi (Corr Rate)(mpy)} &= 0,13 \cdot i_{\text{corr}} \frac{(EW)}{A \cdot D} \\ \text{laju korosi (Corr Rate)(mpy)} &= 0,13 \cdot 0,06 \frac{(25,12)}{0,785 \cdot 7,94} \\ \text{laju korosi (Corr Rate)(mpy)} &= 0,0314 \text{ mpy} \end{aligned}$$

Tabel 3.4 Data hasil pengujian pada sampel03.

| RUN PARAMETERS                |                 |  |
|-------------------------------|-----------------|--|
| TECHNIQUE                     | POLN RESISTANCE |  |
| ORIGINAL NAME                 | PG-03           |  |
| INITIAL E(MV)                 | -20 VS E        |  |
| FINAL E(MV)                   | 20 VS E         |  |
| SCAN RATE(MV/S)               | .2              |  |
| CONDITION E(MV)               | PASS            |  |
| CONDITION T(S)                | PASS            |  |
| INIT DELAY(MV/S OR S)         | PASS            |  |
| SAMPLE PARAMETERS             |                 |  |
| AREA(CMS^2)                   | 1               |  |
| EQ WT(GM)                     | 25.12           |  |
| DENSITY(GM/CM^3)              | 7.94            |  |
| CATHODIC TAFEL(MV)            | PASS            |  |
| ANODIC TAFEL(MV)              | PASS            |  |
| DATA SCALE                    |                 |  |
| ECORR                         | -354            |  |
| MV/PT                         | .25             |  |
| DATA MAX                      | -117            |  |
| DATA MIN                      | -0.044          |  |
| ABS MIN                       | .001            |  |
| ABS MAX                       | .117            |  |
| RESULTS                       |                 |  |
| E(I=0)(MV)                    | -353.14         |  |
| CATHODIC TAFEL(MV)            | 20.41           |  |
| ANODIC TAFEL(MV)              | 29.89           |  |
| I-CORR(UA/CM^2)               | .05             |  |
| CORR RATE(MPY)                | .0221           |  |
| E(I=0)(MV)                    |                 |  |
| POL RES.(K-OHMS CM^2)         |                 |  |
| I-CORR(UA/CM^2)               |                 |  |
| CORR RATE(MPY)                |                 |  |
| LEGEND                        |                 |  |
| SS 304                        |                 |  |
| MEDIA LARUTAN LIMBAH BATUBARA |                 |  |
| PUGUH OGI - UMB               |                 |  |
| NOPEMBER 2015                 |                 |  |
| SAMPUL NO 3                   |                 |  |

Dengan pembuktian perhitungan dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{laju korosi (Corr Rate)(mpy)} &= 0,13 \cdot i_{\text{corr}} \frac{(EW)}{A \cdot D} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{laju korosi (Corr Rate)(mpy)} &= 0,13 \cdot 0,05 \frac{(25,12)}{0,785 \cdot 7,94} \\ \text{laju korosi (Corr Rate)(mpy)} &= 0,0261 \text{ mpy} \end{aligned}$$

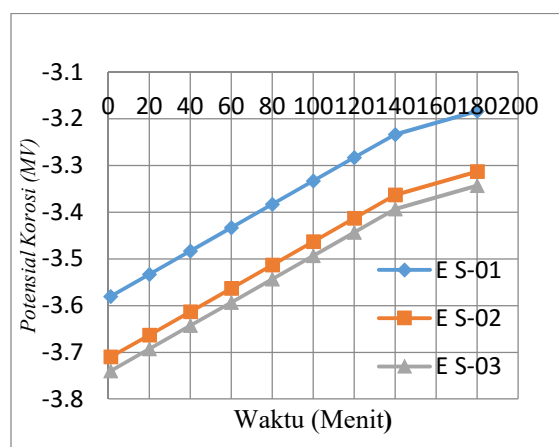
Dengan pengujian pada *stainless steel* AISI 304 perbedaan arus korosi yang tidak terlalu signifikan ( $i_{\text{corr}}$ ) yaitu  $0,05 \mu\text{A}/\text{Cm}^2$  untuk PG-01,  $0,06 \mu\text{A}/\text{Cm}^2$  untuk PG-02 dan  $05 \mu\text{A}/\text{Cm}^2$  untuk PG-03. Dengan nilai laju korosi ( $\text{corr rate}$ ) yaitu  $0,0201 \text{ mpy}$  untuk S-01,  $0,0266 \text{ mpy}$  untuk S-02 dan  $0,0221 \text{ mpy}$  untuk S-03.

Dari analisa pembahasan diatas dapat dilihat bahwa *stainless steel* AISI 304 dilingkungan pertambangan batu bara mempunyai nilai laju korosi yang baik antara  $0,0201 \text{ mpy}$  sampai  $0,0266 \text{ mpy}$ , yang tergolong sebagai tingkat ketahanan korosi *outstanding* yang berarti dapat di pergunakan dalam pekerjaan pompa ini.

Dari analisa di atas maka di dapatkan data sebagai berikut:

Tabel 3.5 Potensial Korosi Baja Tahan Karat AISI 304

| Waktu (min) | ES-01  | ES-02  | ES-03  |
|-------------|--------|--------|--------|
| 1           | -3,58  | -3,71  | -3,74  |
| 20          | -3,533 | -3,663 | -3,693 |
| 40          | -3,483 | -3,613 | -3,643 |
| 60          | -3,433 | -3,563 | -3,593 |
| 80          | -3,383 | -3,513 | -3,543 |
| 100         | -3,333 | -3,463 | -3,493 |
| 120         | -3,283 | -3,413 | -3,443 |
| 140         | -3,233 | -3,363 | -3,393 |
| 180         | -3,183 | -3,313 | -3,343 |



Gambar 3.1 Kurva Potensial Korosi Baja Tahan Karat AISI 304

Dari tabel dan grafik diatas terlihat pada sampel 01, sampel 02 dan sampel 03 mempunyai nilai potensial korosi ( $E$ ) yang tidak terlalu signifikan perubahannya dengan waktu pengujian 180 menit. Sampel 01 pada menit pertama memiliki

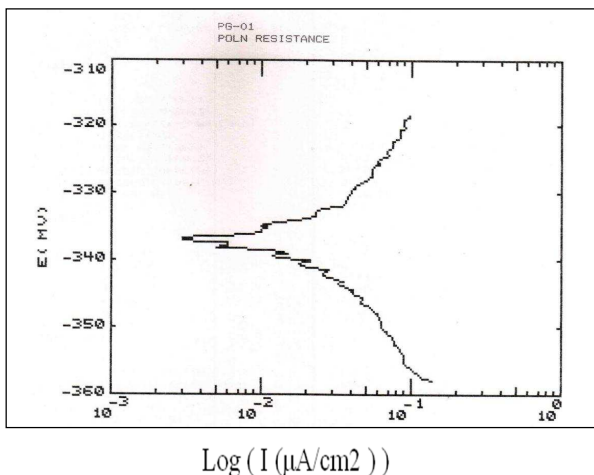


potensial korosi (E) -3,58 dan berakhir pada menit 180 dengan nilai potensial korosi (E) -3,183, sampel 02 pada menit pertama memiliki potensial korosi (E) -3,74 dan berakhir pada menit 180 dengan nilai potensial korosi (E) -3,43 dan pada sampel 03 pada menit pertama memiliki potensial korosi (E) -3,71 dan berakhir pada menit 180 dengan nilai potensial korosi (E) -3,313. Maka potensial korosi mengalami kenaikan 0,25 % per menit atau 15% per jam.

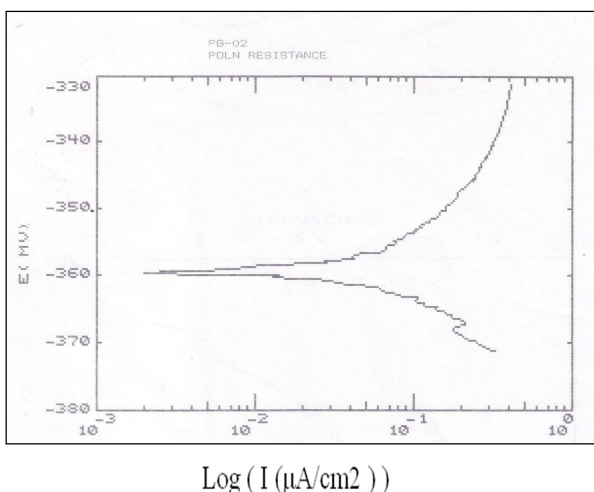
### 3.2 Tafel Analisa Baja Tahan Karat AISI 304

Dari proses pengujian korosi menggunakan polarisasi *resistance* maka diperoleh data berupa kurva tafel yaitu kurva potensial lawan log arus. Kurva tafel untuk sampel *Stainless Steel* AISI 304 dengan media limbah batu bara disajikan pada grafik.

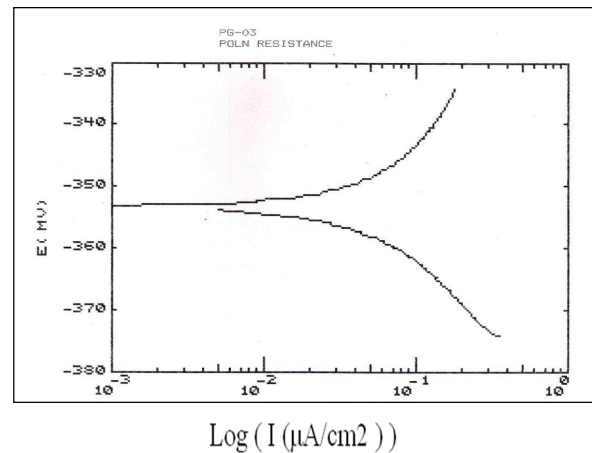
Dari berbagai kurva hasil dari proses pengujian dengan metode tahanan polarisasi diperoleh nilai laju korosi, arus korosi dan potensial korosi yang tersedia di Tabel 4.2, Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.



Gambar 3.2 Kurva tafel tahanan polarisasi media larutan limbah batu bara S-01.



Gambar 3.3 Kurva tafel tahanan polarisasi media larutan limbah batu bara S-02



Gambar 3.4 Kurva tafel tahanan polarisasi media larutan limbah batu bara S-03

### 3.3 Foto Optik Permukaan *Stainless Steel*

Untuk dapat mengetahui kondisi material setelah pengujian laju korosi maka perlu dilakukan pengujian foto optik. Dari pengujian foto optik akan tampak kerusakan yang terjadi pada sampel uji setelah mengalami pengujian laju korosi. Berikut merupakan hasil pengujian foto Optik pada material. Analisa Foto Optik permukaan pada sampel.

#### A. Foto Optik Permukaan dari sampel awal

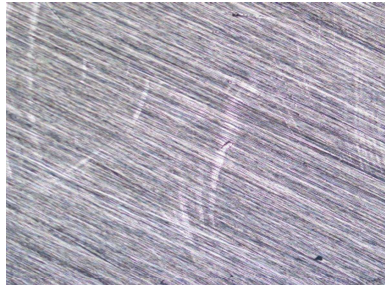


Gambar 3.5 Foto optik permukaan sampel 01, 02 dan 03 sebelum pengujian

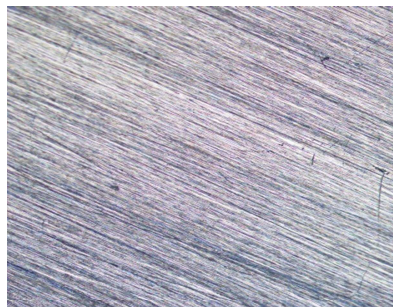
Foto optik permukaan sampel awal dapat dilihat pada gambar, pada gambar terlihat adanya garis-garis halus dan relatif tipis merupakan pengaruh dari pengamplasan permukaan baja tahan karat AISI 304 yang dilakukan sebelum dilakukan pengujian. Terlihat juga bahwa permukaan masih rata, bersih dan belum mengalami cacat (belum terkorosi). Hal ini berarti baja tahan karat AISI 304 belum menunjukkan

reaksi korosi karena belum ada pengaruh dari lingkungan air laut yang bersifat korosif.

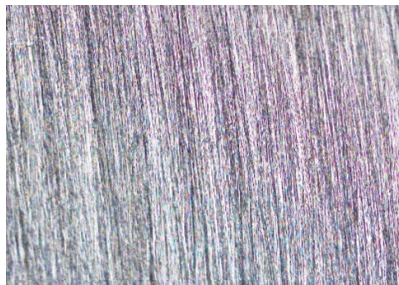
#### B. Foto optik permukaan *Stainless steel* AISI 304



Gambar 3.6 Foto optik permukaan *Stainless steel* AISI 304 sampel 01



Gambar 3.7 Foto optik permukaan *Stainless steel* AISI 304 sampel 02



Gambar 3.8 Foto optik permukaan *Stainless steel* AISI 304 sampel 03

Gambar 3.6, 3.7 dan 3.8 yang merupakan hasil foto optik permukaan sampel *stainless steel* AISI 304 setelah melakukan uji korosi dalam media limbah pada pertambangan batu bara terlihat bahwa *stainless steel* mengalami proses korosi yang ditandai lubang-lubang kecil pada lokal tertentu permukaan *stainless steel* akibat reaksi kimia dan diprediksi mengalami *pitting corrosion* (korosi sumuran). Terlihat jelas bahwa *stainless steel* tersebut telah mengalami korosi dan terjadi kerusakan pada permukaan *stainless steel*. Permukaan *stainless steel* mengalami perubahan struktur dan terbentuk pori dimana logam teroksidasi, dilingkungan yang korosif limbah pertambangan batu bara *stainless steel* akan lebih cepat berkorosi.

#### C. Foto optik permukaan *Stainless steel* yang telah rusak



Gambar 3.6 Foto optik permukaan *Stainless steel* AISI 304 yang telah rusak.

Dari Gambar 4.4 terlihat adanya perbedaan yang cukup signifikan yang terjadi pada permukaan *stainless steel* yang telah digunakan  $\pm 5$  bulan dikarenakan adanya reaksi yang terjadi pada media limbah pada pertambangan batu bara dan juga akibat gaya putar yang dilakukan oleh *impeller* saat bekerja yang mengakibatkan korosi erosi.

#### 4. KESIMPULAN

1. Limbah batu bara yang memiliki nilai tingkat keasaman antara 6,4 – 7,6 pH menjadi penyebab terjadinya korosi pada *impeller* dengan material *stainless steel* AISI 304.
2. Pada *stainless steel* AISI 304 pada limbah pertambangan batu bara, lamanya waktu pengujian akan mempengaruhi nilai dari potensial korosinya.
3. Untuk analisa pada limbah pertambangan batu bara nilai laju korosi pada temperature yang sama antara 0,0201 mpy sampai 0,0266 mpy.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Fontana, Mars Guy. (1986). *Corrosion Engineering*. Singapore : McGraw-Hill.
- [2]. Knofel, Dietbert. (1978). *Corrosion Of Building Material* . United States : Van Nostrand Reinhold Company Chamberlain.
- [3]. J.,Trethewey, KR. (1991). *Korosi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- [4]. ASTM Internasional. 2004. *ASTM G102: Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. United State.
- [5]. Sularso. (2004). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- [6]. Marcus P., and Oudar J., 1995. *Corrosion Mechanisms in Theory and Practice*, United States :Marcel Dekker Inc
- [7]. Chruch, Austin. (1993). *Pompa dan Blower Sentrifugal*. Jakarta : Eirlangga.

- 
- [8]. Ornelasari, Rizki. 2015. *Analisa Laju Korosi pada Stainless Steel 304 dengan Metode ASTM G31-72 pada Media Air Nira Aren*, 01. 112-117.
- [9]. AK Steel. 2007. 304/304 L Stainless Steel. [www.aksteel.com](http://www.aksteel.com). Retrieved: 2015-12-15.
- [10]. Kopecki, E. (1937). *Cleaning Stainless Steel*. ASTM International.